

기술시스템과 표준 전력시스템을 중심으로

시스템?

- 발전기, 전동기, 전구, 전화 ...
 - 기술은 위와 같은 낱개의 인공물을 뜻하는가?
 - 각 인공물들의 네트워크 → 시스템을 이룸
- 기술이 발전할수록 개별 기술들 사이에 연관 생김
 - 석탄-증기기관
 - 광산에 사용된 증기기관이 더 많은 석탄을 채취하게 함
 - 이 석탄은 공장에 도입된 증기 기관의 연료로 사용
 - 이를 운송하기 위해 철도와 증기 기차가 발전
 - 생산, 수송, 소비 사이의 시너지 효과
 - 전신-철도
 - 시작이 서로 달랐던 기술, But 곧 통합

Hughes의 기술 시스템

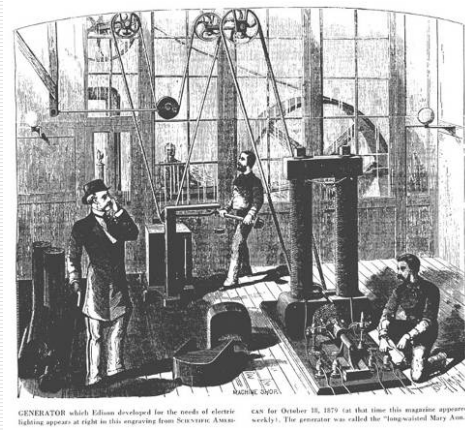
- technical artifacts들만의 집합 아님:
 - 회사, 투자회사, 법적 제도, 정치, 과학, 자연자원, 하위시스템
 - 즉 기술 시스템은 technical + social (socio-cultural)
- Hughes의 발전 단계:
발전 단계를 거치며 이를 담당하는 사람들이 다름
 1. 발명과 개발
 2. 기술 이전 (cf. 기술 스타일의 문제)
 3. 시스템의 성장 : “역돌출부”와 “결정적 문제”
 4. 시스템간 갈등과 화해
 5. 시스템의 공고화 : 모멘텀

시스템 구축가(system builder)

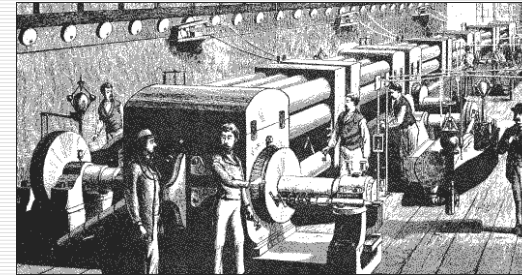
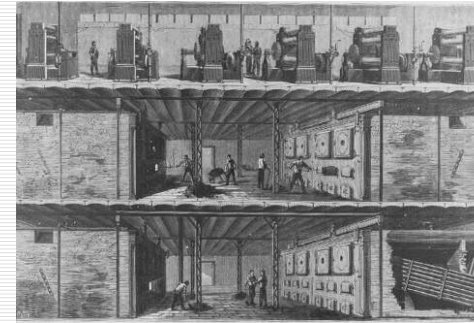
- Edison vs. Swan: 누가 먼저 전구를 발명했는가?
→ Hughes에게 이런 비교 의미 없음. Edison은 시스템 구축가!
성공적인 백열등 개발 위해, 아예 전력시스템 전체 통째로 설계!
- Edison이 구축한 전력 시스템은?
 - 발전, 배전, 소비, 계량 등 여러 하위시스템으로 구성
 - 전구는 그 중 한 구성요소일 뿐. 그 외에도 발전소, 병렬 배전 시스템, 백열등 소켓 표준화, 계량기 등도 중요
 - 이런 것들을 혼자? No. 협동연구 (Menlo Park Laboratory)
 - Edison은 한 사람 한 사람을 뽑는데 매우 신중, 심혈을 기울임
 - F. Upton: Edison이 결여한 수학적 능력으로 송전문제 해결
 - J. Hopkinson: 에디슨의 발전기 개량
- 초기 시스템 구축 과정에서 왜 “시스템 구축가”가 중요한가?
경쟁 시스템의 존재: eg. 가스등(값싸고 효율적), 아크등



Edison의 초기 램프와 "Jumbo Dynamo"

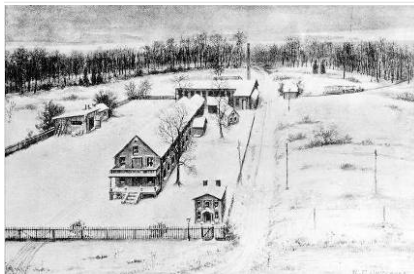


첫 번째 발전소인 Pearl Street 발전소 (뉴욕, 1882)



에디슨의 전력 시스템:

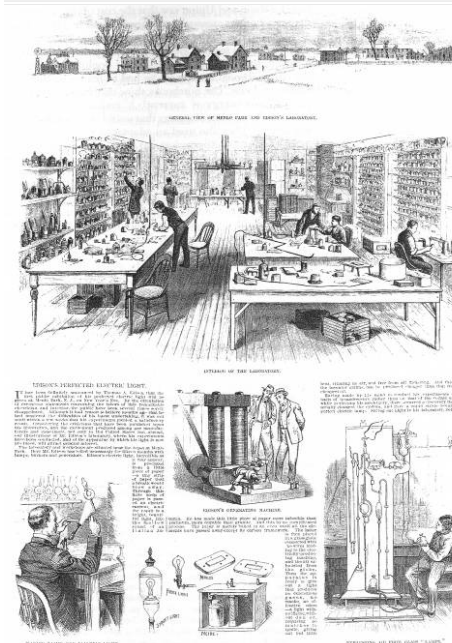
도시의 집중된 지역에 최적화. 낮은 전압(110 & 220V)의 발전. 직류. 수많은 백열등 병렬연결.



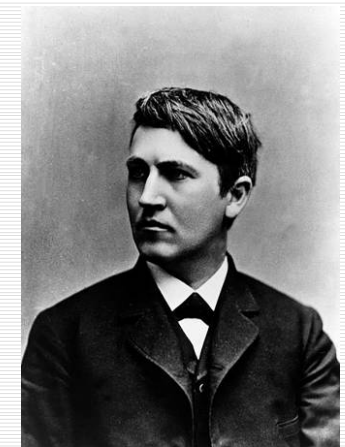
Menlo Park Laboratory와 그 연구원들



U.S. DEPARTMENT OF THE INTERIOR, NATIONAL PARK SERVICE, EDISON NATIONAL HISTORIC SITE



먼로 파크 연구소의 외관과 연구소 내부. 전기기구 및 그것을 가지고 한 실험 광경
Frank Leslie's Illustrated Newspaper (1880 1월)



Thomas Edison(1878)

Figure 11.5. Creation of the Edison system, Menlo Park. From Leslie's Weekly (1880), as reproduced in Forty Years of Edison Service, 1882-1922 (New York: Press of the New York Edison Co., 1922), facing p. 21.

1. 발명, 개발 [발명-기업가]

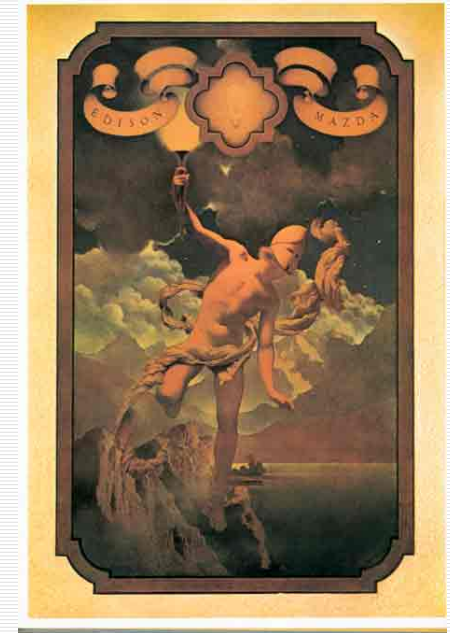
□ “발명가-기업가”로서의 Edison

- 발전, 배전, 소비, 계량 동시에 해결
- 기업 조직 관리 및 시장 형성에도 관여
 - 에디슨 전등사(최고 관리), 뉴욕 에디슨 전기조명사(전력 공급), 에디슨 기계제작소(발전기), 에디슨 전기튜브사(도선), 에디슨 전구제작소(전구), 먼로 파크 연구소 ...
 - 초기에는 틈새 시장 (Eg. 전등의 경우 극장... 전차) 성장 후 가스회사와 맞섬. 어떤 전략?
 - 전기가 modern world의 상징임을 설파 (전기가 산업에 응용된 것은 가장 마지막)
- 정치적, 법률적 문제에도 뛰어난 수완
 - 때로는 ‘치사한’ 행위도 마다하지 않음 (전기 박람회에서의 뇌물?)

Edison as a Wizard (1879)



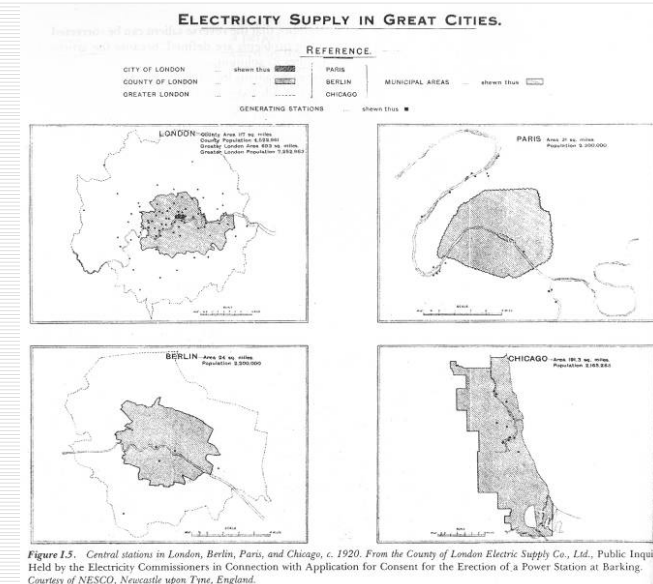
Electricity as a Prometheus (1919)



2. 기술 이전 [기술 스타일]

□ 한 지역에서의 성공 → 다른 지역으로 이동

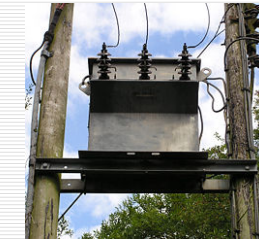
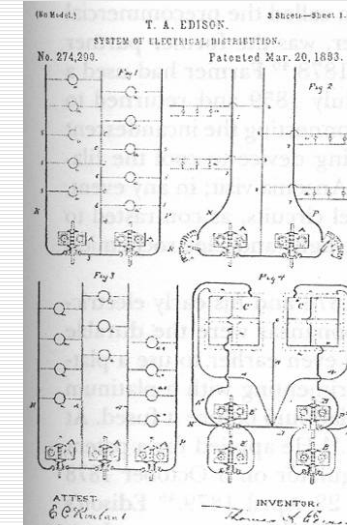
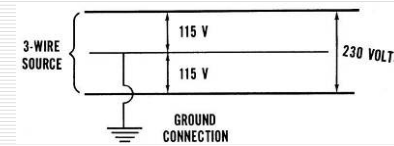
- 그러나 어느 곳에서나 똑같이 성공적인 것은 아님
- 왜 그러한 차이가 생기는가?
기술 스타일의 차이: 지역, 문화에 따라 다른 기술
- 에디슨 시스템의 유럽 이전 사례
 - 독일의 베를린 : 6개의 대규모 발전소
 - 영국의 런던 : 50개의 소규모 발전소
 - 이는 기술의 차이라기보다는 (법)제도, 역사의 차이: 영국의 경우 독점과 권력남용 제한이라는 벽에 부딪혔음



1920년 경 런던, 파리, 베를린, 시카고의 발전소

3. 시스템의 성장 [기업 엔지니어]

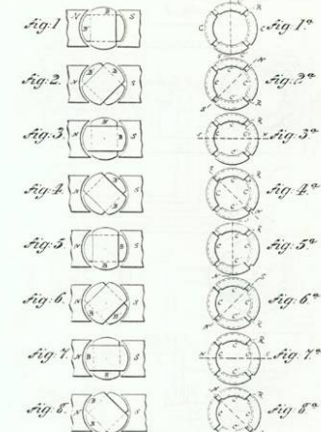
- “역돌출부” : 시스템의 구성요소 중 뒤쳐진 요소
 - 많은 사람들의 공통 경험 (때로는 경제적인 문제이기도)
 - 엔지니어들은 이를 “결정적 문제”로 규정 & 해결 위해 씀
 - “동시발명”이 왜 그렇게 많이 일어나는지 설명
- DC 시스템 vs. 초기 AC 시스템
 - DC 시스템의 역돌출부 : 송전 거리의 한계
 - 보수적 해결 : 3선 or 5선 배전 & 축전지(storage battery)
 - 급진적 해결 : AC 송전 방식 (변압기를 이용한 고압 송전)
 - 새로운 AC 시스템의 출범 계기가 됨
 - 초기 AC 시스템의 역돌출부 : 실용적인 전동기의 부재
- 기업체 연구소의 역할
 - 기술적인 역돌출부 해결 공간, not 급진적 발명
 - 여전히 급진적 발명의 상당 부분은 독립발명가의 몫



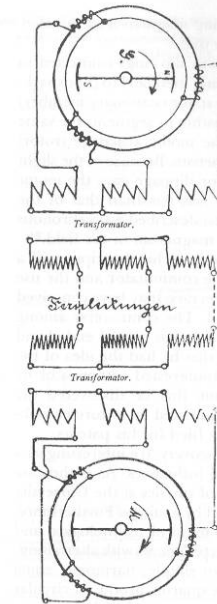
4. 시스템간 갈등과 해소 [관리-기업가]

- AC 시스템 성장. But
 - DC 시스템은 여전히 집중된 도시에서는 효율적
 - AC 시스템 나름의 문제: 실용적 전동기 & 고전압의 안전 문제
 - 에디슨의 정치적 공격: “AC는 살인 전류”
- 갈등의 해소
 - AC의 기술적 역돌출부 해결: 3상 발전기 & 3상 전동기
 - AC 시스템의 기술적 우위 획득
 - 그러나 이미 “제도화된” DC 시스템 → 쉽게 무너지지 않음
 - 커플링(coupling) & 합병(merging)을 통한 갈등 해소
 - 커플링 : 각종 컨버터들 - 시스템 간의 화해 호환 기술
 - AC로 고압 송전, 최종 소비자는 DC 전류로 전환해 사용
 - 합병 : 에디슨 은퇴 후, 에디슨 회사 + Thompson-Houston Co. → General Electric
 - GE와 Westinghouse 특허교환 협약

(No Model.) N. TESLA. 4 Sheets—Sheet 1.
ELECTRO MAGNETIC MOTOR.
No. 381,968. Patented May 1, 1888.



WITNESSES
Herman E. Huntley
Frank A. Murphy
INVENTOR
Nikola Tesla
By Quincy A. Smith, Esq.
ATTORNEY



“AC는 살인 전류”

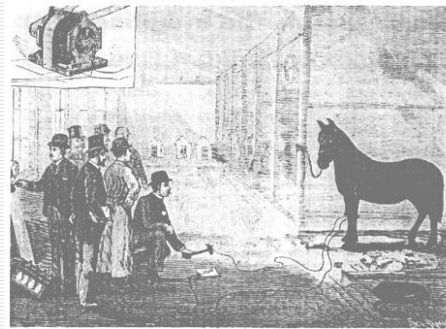
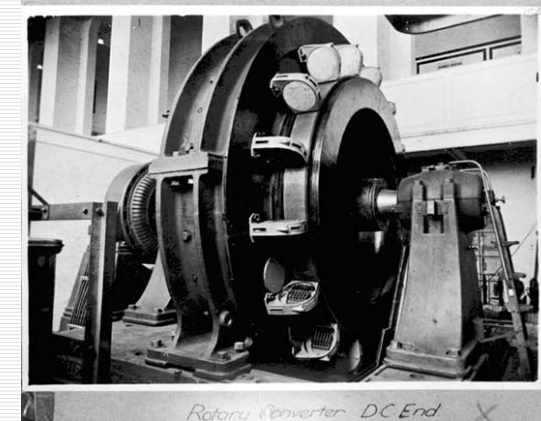


Fig. 3. Experiments in killing animals using ac in the Edison Laboratory at Orange, NJ. December 5, 1888 [Burndy Library].

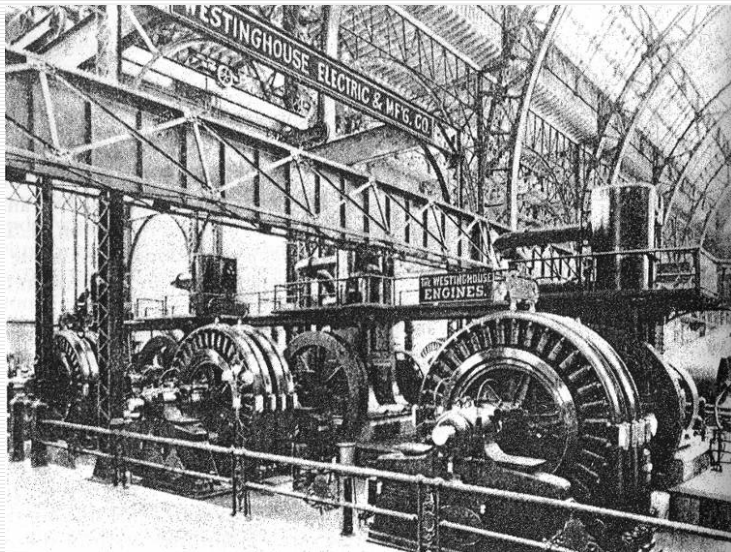


H. Brown의 전기 의자 도입 제안 (1880년대, 뉴욕주)
1890년 8월 6일, 최초로 전기의자로 Kemmler의 사형 집행
→ 다음날 신문의 헤드라인: “Kemmler Westinghoused!”

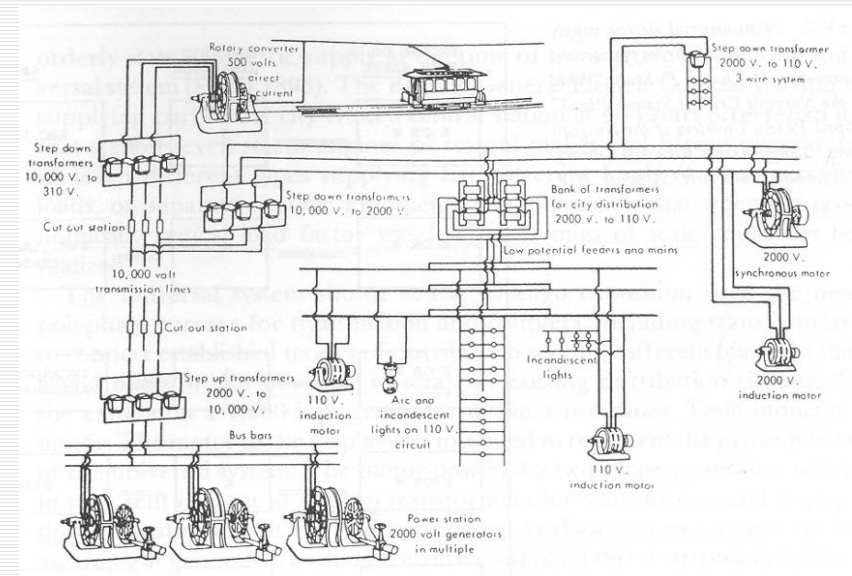


초기 로터리 컨버터(rotary converter)

나아아가라 수력 발전기 (1895)

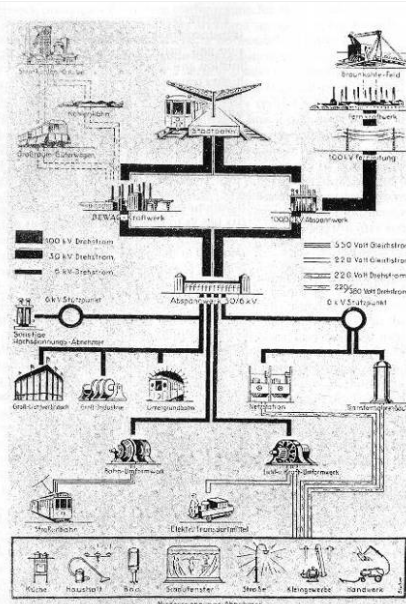


Universal Supply System

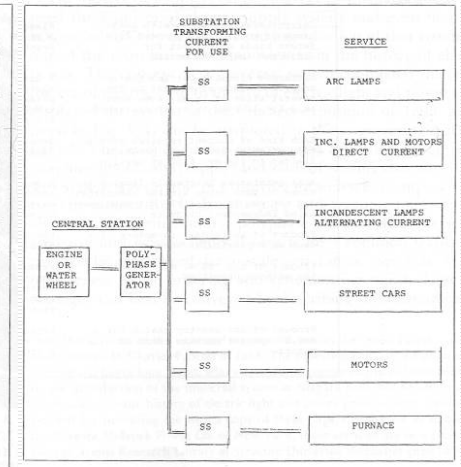
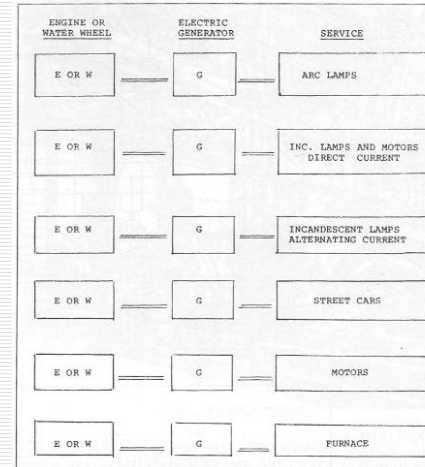




나이아가라 발전소에서 뻗어나온 전선 (1895)



Before and After



표준화의 다른 사례들

- 표준화를 둘러싼 문제
 - 표준화는 보통 공적이익에 도움. But 사적이익 ≠ 공적이익
 - 교체비용 등의 문제로 자신이 아닌 상대가 바꾸길 바람
- 표준화의 사례들
 - 에디슨의 "Hello" vs. 벨의 "Ahoy" : 에디슨의 유동설명서 덕분
 - 철로 게이지: 북부의 4피트 8.5인치 vs. 남부의 5피트
 - 남북전쟁 시 정부의 대륙횡단 철도 표준화 결정에 남부 불참
 - 남북전쟁 후 4피트 8.5인치로 고착. 남부는 대세를 따를 수밖에
 - 컬러 TV (CBS) vs. 흑백 TV (RCA)
 - 1950년 CBS 컬러 TV 방식 표준 채택 & 1951년 컬러 방송 시작
 - 그렇지만 CBS 컬러를 본 사람은 수십 명. 왜?
 - 부족한 콘텐츠의 문제: 주류 흑백TV 시청 불가능 (비호환의 문제)
 - 흑백TV측은 일부러 비호환적인 방송 지속적으로 제공. 버티기!
 - 게다가 가격: 21인치 흑백TV 300달러 vs. 12인 컬러 TV 1000달러
 - 방송-구매의 닭, 달걀문제
 - 컬러 TV를 보편화시킨 것은? 디즈니의 1960 컬러의 경이로운 세계

5. 시스템의 공고화 [재정-기업가]

- Universal 전력 공급 시스템
 - 거대 교류 발전- 고압 송전 - 변압 - 저압 배전 - 전등 or 전동기
 - 미국은 GE와 Westinghouse, 독일은 AEG와 지멘스로 통폐합 정리
 - 각종 표준화 : 교류 주파수, 전압, 위상 표준화
- 시스템 성숙 → 변화에 저항하는 힘(모멘텀) 가짐
 - 거대한 덩치(mass), 일정한 방향(direction)
 - 주변 환경도 (통제된) 시스템의 일부로 끌어들이
 - 시스템의 유지를 둘러싼 이해관계 집단 함께 성장
 - 투자 : 이미 투자한 돈과 공장, 발전소, 송전망 등등
 - 교육 : 4년제 공과대학, 전기공학과, 전문 공학 학회 및 저널
 - 산업 : 전자, 공장, 가전제품 등 전력 시스템과 얽히게 된 산업
 - 조직 : 기업 연구소, 기업들의 인수 합병 & 지주회사, 은행, 정부
 - 위와 같은 일련의 투자, 교육, 산업, 조직의 성장은 시스템의 모멘텀 더욱 증가시킴 → 시스템 변화 둔화

Q. 공고화된 기술 시스템은 정말 안 바뀌나?